



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Off nl ungungsschrift  
⑩ DE 100 30 936 A 1

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
F 02 D 41/38

②1 Aktenzeichen: 100 30 936.4  
②2 Anmeldetag: 24. 6. 2000  
④3 Offenlegungstag: 3. 1. 2002

DE 100 30 936 A 1

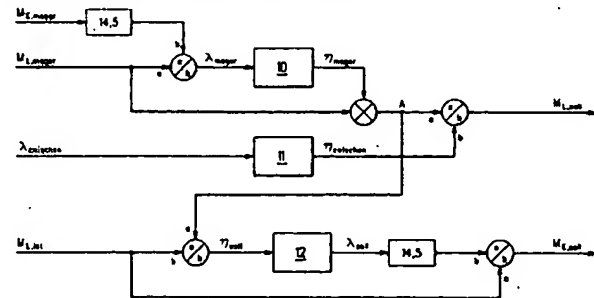
⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Michalske, Andreas, Dr., 71229 Leonberg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs

⑤1 Es wird eine Brennkraftmaschine insbesondere für ein Kraftfahrzeug beschrieben, bei der der Kraftstoff in einer mageren Betriebsart und in einer fetten Betriebsart in einen Brennraum einspritzbar ist, und bei der zwischen den beiden Betriebsarten umgeschaltet werden kann. Durch ein Steuergerät können eine Luftmasse ( $M_{L,mager}$ ) und eine Einspritzmenge ( $M_{E,mager}$ ) für den Magerbetrieb andauernd ermittelt werden. Aus der Luftmasse und aus der Einspritzmenge kann ein Lambda ( $\lambda_{mager}$ ) für den Magerbetrieb andauernd ermittelt werden. Ein von dem Lambda für den Magerbetrieb abweichendes Lambda ( $\lambda_{zwischen}$ ) für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin ist vorgebbar. Durch das Steuergerät kann eine Soll-Luftmasse ( $M_{L,Soll}$ ) für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin aus dem Lambda für den Magerbetrieb und aus dem Lambda für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin ermittelt werden.



DE 100 30 936 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem Kraftstoff in einer mageren Betriebsart und in einer fetten Betriebsart in einen Brennraum eingespritzt wird, und bei dem zwischen den beiden Betriebsarten umgeschaltet wird. Die Erfindung betrifft ebenfalls eine entsprechende Brennkraftmaschine sowie ein Steuergerät für eine derartige Brennkraftmaschine.

[0002] Bei Diesel-, wie auch bei Benzin-Brennkraftmaschinen ist es bekannt, einen NOx-Speicherkatalysator zur Reduktion der Schadstoffemissionen einzusetzen. Für den Betrieb des NOx-Speicherkatalysators ist es erforderlich, die Brennkraftmaschine von der mageren Betriebsart in die fette Betriebsart umzuschalten. In dieser fetten Betriebsart wird der NOx-Speicherkatalysator regeneriert. Nach der Durchführung der Regeneration wird die Brennkraftmaschine wieder in die magere Betriebsart zurückgeschaltet. [0003] Bei der Umschaltung zwischen der mageren und der fetten Betriebsart muss gewährleistet werden, dass insbesondere kein Umschaltruck o. dgl. entsteht. Die der Brennkraftmaschine zugeführte Luftmasse, wie auch die der Brennkraftmaschine eingespritzte Kraftstoffmenge muss also beim Umschalten zwischen den beiden Betriebsarten so beeinflusst werden, dass insbesondere das von der Brennkraftmaschine erzeugte Drehmoment keine Spitzen oder Sprünge o. dgl. aufweist.

## Aufgabe und Vorteile der Erfindung

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs zu schaffen, bei dem ein Umschalten zwischen der fetten Betriebsart und der mageren Betriebsart ohne jeglichen Umschaltdruck o. dgl. möglich ist.

[0005] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass eine Luftmasse und eine Einspritzmenge für den Magerbetrieb andauernd ermittelt werden, dass aus der Luftmasse und aus der Einspritzmenge ein Lambda für den Magerbetrieb andauernd ermittelt wird, dass ein von dem Lambda für den Magerbetrieb abweichendes Lambda für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin vorgegeben wird, und dass eine Soll-Luftmasse für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin aus dem Lambda für den Magerbetrieb und aus dem Lambda für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin ermittelt wird.

[0006] Die Steuerung und/oder Regelung der Brennkraftmaschine beim Übergang von der mageren in die fette Betriebsart, wie auch in der fetten Betriebsart selbst, wird somit auf der Grundlage der Einspritzmenge und der Luftmasse durchgeführt, die ansich für die magere Betriebsart vorgesehen sind. Aus dieser Luftmasse und Einspritzmenge für den Magerbetrieb wird ein Lambda für die magere Betriebsart berechnet. Dieses Lambda wird mit einem Lambda verknüpft, das dem erwünschten Lambda für den Übergang in die fette Betriebsart oder für die fette Betriebsart als solche darstellt. Aus dieser Verknüpfung des berechneten Lambdas für die magere Betriebsart sowie des gewünschten Lambdas für die fette Betriebsart oder für den Übergang dorthin wird dann die Soll-Luftmasse ermittelt, in der die Brennkraftmaschine beim Übergang in die fette Betriebsart oder in der fetten Betriebsart selbst versorgt wird. Es versteht sich, dass bei der Ermittlung der Soll-Luftmasse auch noch weitere Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine eine

Rolle spielen können.

[0007] Insgesamt stellt die erfindungsgemäße Steuerung und/oder Regelung ein luftgeführtes System dar. Es wird auf der Grundlage des Lambdas für den Magerbetrieb in Abhängigkeit von dem erwünschten Lambda für die fette Betriebsart oder für den Übergang dorthin die Soll-Luftmasse berechnet, die der Brennkraftmaschine zugeführt werden soll. Die Brennkraftmaschine wird also im ersten Schritt mit Hilfe einer Veränderung der Luftmasse in Richtung zu der fetten Betriebsart hin beeinflusst.

[0008] Es versteht sich, dass entsprechendes auch für eine Umschaltung der Brennkraftmaschine von der fetten Betriebsart in die magere Betriebsart gilt.

[0009] Wesentlich ist, dass bei der erfindungsgemäßen Steuerung und/oder Regelung ein Sprung der Soll-Luftmasse unschädlich bleibt. Die Ist-Luftmasse und damit auch die Soll-Einspritzmenge und das von der Brennkraftmaschine erzeugte Drehmoment verlaufen sprunghaft. Irgendwelche Spitzen oder Sprünge des von der Brennkraftmaschine erzeugten Drehmoments werden auf diese Weise sicher vermieden.

[0010] Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Lambda für den Magerbetrieb in einen Wirkungsgrad für den Magerbetrieb und das Lambda für die fette Betriebsart in einen Wirkungsgrad für die fette Betriebsart umgewandelt werden, wenn der Wirkungsgrad für den Magerbetrieb mit der Luftmasse für den Magerbetrieb multipliziert wird, und wenn das Multiplikationsergebnis durch den Wirkungsgrad für die fette Betriebsart dividiert wird.

[0011] Dies stellt eine besonders einfache und effektive Art und Weise dar, mit der das Lambda für den Magerbetrieb mit dem vorgegebenen Lambda für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin verknüpft werden kann. Wesentlich ist dabei, dass die beiden Lambdas jeweils in einen Wirkungsgrad umgewandelt werden. Diese Umwandlung ermöglicht die einfache Verknüpfung der jeweiligen Größen und die Berechnung der erfindungsgemäßen Soll-Luftmasse daraus.

[0012] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung, bei der eine Ist-Luftmasse gemessen oder simuliert oder modelliert wird, wird ein Sollwert für das Lambda in der fetten Betriebsart und für die Übergänge dorthin in Abhängigkeit von der Luftmasse und der Einspritzmenge für den Magerbetrieb ermittelt, und es wird eine Soll-Einspritzmenge für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin aus der Ist-Luftmasse und dem Sollwert für das Lambda ermittelt.

[0013] Wie bereits erwähnt wurde, stellt die erfindungsgemäße Steuerung und/oder Regelung ein luftgeführtes System dar. Die Soll-Luftmasse wird erfindungsgemäß in Abhängigkeit von dem jeweils erwünschten Lambda ermittelt. Bei der vorstehenden Weiterbildung der Erfindung wird die Ist-Luftmasse, also die tatsächlich der Brennkraftmaschine zugeführte Luftmasse gemessen. Es ist ebenfalls möglich, die Ist-Luftmasse aus anderen Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine zu simulieren oder zu modellieren. Diese Ist-Luftmasse verändert sich entsprechend den Veränderungen der Soll-Luftmasse. Eine Veränderung der Ist-Luftmasse hat erfindungsgemäß eine Veränderung der Soll-Einspritzmenge zur Folge. Dies bedeutet, dass die Soll-Einspritzmenge letztlich an die Soll-Luftmasse angepasst wird. Insgesamt wird damit immer eine Soll-Luftmasse und eine Soll-Einspritzmenge erzeugt, die einerseits von dem erwünschten Lambda abhängen, und die andererseits immer aufeinander abgestimmt sind.

[0014] Durch die Veränderung der Soll-Einspritzmenge in Abhängigkeit von der Ist-Luftmasse und damit in Abhängigkeit von der Soll-Luftmasse wird somit das erfindungs-

gemäß luftgeführte System vervollständigt. Da die Soll-Einspritzmenge und die Ist-Luftmasse stets aufeinander abgestimmt sind, wird gewährleistet, dass keine Sprünge oder Spitzen o. dgl. des von der Brennkraftmaschine erzeugten Drehmoments entstehen können.

[0015] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Sollwert für das  $\Lambda$  in der fetten Betriebsart und für die Übergänge dorthin aus einem Soll-Wirkungsgrad für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin ermittelt wird, und wenn der Soll-Wirkungsgrad durch Division aus der Ist-Luftmasse durch das genannte Multiplikationsergebnis ermittelt wird.

[0016] Dies stellt eine besonders einfache und effektive Art und Weise dar, mit der die Soll-Einspritzmenge berechnet werden kann. Wesentlich ist dabei wiederum, dass eine Umwandlung von einem Wirkungsgrad in ein  $\Lambda$  durchgeführt wird. Weiterhin ist es dabei von Bedeutung, dass das aus der Luftmasse und der Einspritzmenge für den Magerbetrieb resultierende Multiplikationsergebnis ebenfalls bei der Ermittlung der Soll-Einspritzmenge erfindungsgemäß verwendet wird. Auf diese Weise wird auch bei der Soll-Einspritzmenge gewährleistet, dass beim Umschalten zwischen den Betriebsarten kein Sprung der Soll-Einspritzmenge entsteht.

[0017] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Umwandlung eines  $\Lambda$  in einen zugehörigen Wirkungsgrad oder umgekehrt mittels einer Referenz-Kennlinie und mittels additiver und/oder multiplikativer Korrekturen durchgeführt. Auf diese Weise wird einerseits erreicht, dass die Umwandlung zwischen einem  $\Lambda$  und einem Wirkungsgrad oder umgekehrt mit einem möglichst geringen Rechenaufwand vorgenommen werden kann. Andererseits wird auf diese Weise gewährleistet, dass Veränderungen der Brennkraftmaschine mit Hilfe der additiven und/oder multiplikativen Adaption korrigiert werden können.

[0018] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung, bei der mit einer Einspritzung in den Brennraum einzuspritzende Kraftstoff in zwei oder mehreren Teileinspritzungen eingespritzt wird, wird der Einspritzbeginn bzw. der Ansteuerbeginn und/oder die Einspritzdauer bzw. die Ansteuerdauer der Teileinspritzungen in Abhängigkeit von der Betriebsart und/oder in Abhängigkeit von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine unterschiedlich ermittelt. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn für den Einspritzbeginn und/oder die Einspritzdauer beim Umschalten zwischen den Betriebsarten eine Hysterese berücksichtigt wird.

[0019] Durch diese Maßnahmen ist es in besonders einfacher Weise möglich, das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine auf Motoren anzuwenden, die zwei oder mehr Teileinspritzungen pro Kraftstoffeinspritzung durchführen. Dies ist insbesondere bei Diesel-Brennkraftmaschinen der Fall. Ebenfalls kann dies insbesondere bei Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung zur Anwendung kommen.

[0020] Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Form eines Computerprogramms, das für ein Steuergerät der Brennkraftmaschine vorgesehen ist. Das Computerprogramm ist auf einem Computer des Steuergeräts ablauffähig und zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet. In diesem Fall wird also die Erfindung durch das Computerprogramm realisiert, so dass dieses Computerprogramm in gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Computerprogramm geeignet ist. Das Computerprogramm kann vorzugsweise auf einem Flash-Memory abgespeichert werden. Als Computer kann ein Mikroprozessor vorgesehen sein. Das Steuergerät, in

dem das Computerprogramm enthalten ist, ist insbesondere zur Steuerung und/oder zur Regelung einer Mehrzahl von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine vorgesehen.

[0021] Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

#### Ausführungsbeispiele der Erfindung

[0022] Fig. 1 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs,

[0023] Fig. 2a und 2b zeigen schematische Blockschaltbilder von Ausführungsbeispielen zur Umrechnung eines Wirkungsgrades nach  $\Lambda$  und umgekehrt,

[0024] Fig. 3 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels für die Verwendung verschiedener Kennfelder für die Ansteuerdauer einer Haupteinspritzung,

[0025] Fig. 4 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels für die Einbeziehung einer Hysterese bei der Einspritzung des Kraftstoffs in die Brennkraftmaschine, und

[0026] Fig. 5 zeigt ein schematisches Diagramm für den Zusammenhang zwischen einem Wirkungsgrad und  $\Lambda$  bei Verwendung einer Hysterese.

[0027] Das nachfolgende Verfahren zur Steuerung und/oder Regelung einer Brennkraftmaschine ist anhand einer Diesel-Brennkraftmaschine beschrieben. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass das beschriebene Verfahren in entsprechend angepasster Weise auch bei einer Benzin-Brennkraftmaschine zur Anwendung kommen kann. Insbesondere ist es möglich, das beschriebene Verfahren bei einer Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung einzusetzen.

[0028] Zur Reduzierung des Schadstoffausstoßes einer Diesel-Brennkraftmaschine ist ein NOx-Speicherkatalysator vorgesehen. Bei diesem NOx-Speicherkatalysator ist es vorgesehen, die Brennkraftmaschine abwechselnd in einer mageren und einer fetten Betriebsart zu betreiben. Die in der mageren Betriebsart entstehenden Stickstoffoxide werden von dem NOx-Speicherkatalysator aufgenommen und zwischengespeichert. Der NOx-Speicherkatalysator wird mit den Stickstoffoxiden beladen. Bevor der NOx-Speicherkatalysator vollständig mit den Stickstoffoxiden beladen ist, wird die Brennkraftmaschine in eine fette Betriebsart umgeschaltet. In dieser fetten Betriebsart gelangen unverbrannte Kohlenwasserstoffe sowie Kohlenmonoxid und Wasserstoff zu dem NOx-Speicherkatalysator. Die in dem NOx-Speicherkatalysator abgespeicherten Stickstoffoxide reagieren dann mit den Kohlenwasserstoffen, dem Kohlenmonoxid und dem Wasserstoff und können dann u. a. als Kohlendioxid und Wasser an die Atmosphäre abgegeben werden. Die fette Betriebsart der Brennkraftmaschine wird so lange beibehalten, bis der NOx-Speicherkatalysator wieder möglichst vollständig von Stickstoffoxiden entladen ist. Dieses Entladen von Stickstoffoxiden wird auch als Regenerieren des NOx-Speicherkatalysators bezeichnet.

[0029] Für den vorstehend beschriebenen Betrieb der Brennkraftmaschine ist es somit erforderlich, zwischen einer mageren Betriebsart und einer fetten Betriebsart hin und

her zu schalten. Bei diesen Umschaltvorgängen darf insbesondere kein Momentensprung entstehen.

[0030] In der Fig. 1 ist eine Steuerung dargestellt, mit der zwischen einer mageren und einer fetten Betriebsart umgeschaltet werden kann, ohne dass hierbei ein Momentensprung entsteht. Ausgangspunkt der Steuerung der Fig. 1 ist eine vorgegebene Einspritzmenge  $M_{E,mager}$  für den Magerbetrieb sowie eine vorgegebene Luftmasse  $M_{L,mager}$  ebenfalls für den Magerbetrieb. Diese beiden Größen  $M_{E,mager}$  und  $M_{L,mager}$  werden von einer allgemeinen Steuerung und/oder Regelung der Brennkraftmaschine bereitgestellt. Weist die Brennkraftmaschine bspw. eine Abgasrückführung auf, so wird die genannte Größe  $M_{L,mager}$  üblicherweise von einer Regelung für diese Abgasrückführung erzeugt. Die Größe  $M_{E,mager}$  entspricht üblicherweise dem Vortriebswunsch des Fahrers bzw. dem zu erzeugenden Drehmoment.

[0031] Als weitere Eingangsgröße ist in der Fig. 1 eine Ist-Luftmasse  $M_{L,ist}$  vorhanden, die mit Hilfe eines Luftmassensensors gemessen wird. Es ist dabei möglich, dass das Signal des Luftmassensensors mittels weiterer Messgrößen korrigiert wird. Die Umschaltung zwischen der mageren und der fetten Betriebsart erfolgt mit Hilfe eines vorgebbaren Lambdawertes  $\square_{zwischen}$ , der – wie ausgeführt wurde – insbesondere in Abhängigkeit von der Beladung des NOx-Speicherkatalysators auf einen fetten Lambdawert oder einen mageren Lambdawert verändert werden kann.

[0032] Die Einspritzmenge  $M_{E,mager}$  wird bei Dieselmotorkraftstoff mit einem festen Faktor 14,5 multipliziert, um danach durch die Luftmasse  $M_{L,mager}$  dividiert zu werden. Das Ergebnis dieser Division ist dann ein Lambdawert  $\square_{mager}$  für den Magerbetrieb. Dieser Lambdawert  $\square_{mager}$  wird permanent aus den beiden Größen  $M_{E,mager}$  und  $M_{L,mager}$  erzeugt, unabhängig davon, ob sich die Brennkraftmaschine in einer mageren oder einer fetten Betriebsart befindet.

[0033] Wie anhand der Fig. 2a und 2b ausgeführt werden wird, wird der Lambdawert  $\square_{mager}$  in einem Block 10 in einen Wirkungsgrad  $\square_{mager}$  für den Magerbetrieb umgewandelt. Dieser Wirkungsgrad  $\square_{mager}$  wird dann mit der Luftmasse  $M_{L,mager}$  multiplikativ verknüpft. Das Ergebnis dieser Multiplikation ist in der Fig. 1 mit der Bezugsziffer A gekennzeichnet.

[0034] Der vorgebbare Lambdawert  $\square_{zwischen}$  wird von einem Block 11 in einen Wirkungsgrad  $\square_{zwischen}$  umgewandelt. Diese Umwandlung wird im Zusammenhang mit den Fig. 2a und 2b noch erläutert werden.

[0035] Das vorstehende Multiplikationsergebnis A wird durch den Wirkungsgrad  $\square_{zwischen}$  dividiert. Das Ergebnis dieser Division stellt eine Soll-Luftmasse  $M_{L,soll}$  dar. Diese Soll-Luftmasse  $M_{L,soll}$  ist ein Ausgangssignal der Steuerung der Fig. 1. Die Soll-Luftmasse  $M_{L,soll}$  kann bspw. dazu verwendet werden, den Öffnungswinkel einer Drosselklappe zu beeinflussen, mit der die Luft, die der Brennkraftmaschine bspw. über ein Ansaugrohr zugeführt wird, verändert werden kann.

[0036] Die Soll-Luftmasse  $M_{L,soll}$  stellt den Sollwert, also die erwünschte, der Brennkraftmaschine zuzuführende Luftmasse dar. Wie bereits erwähnt wurde, wird die tatsächlich der Brennkraftmaschine zugeführte Luftmasse mit Hilfe eines Luftmassensensors gemessen. Das Messsignal ist dann – wie bereits erläutert wurde – die Ist-Luftmasse  $M_{L,ist}$ .

[0037] Das vorstehend genannte Multiplikationsergebnis A wird gemäß der Fig. 1 durch die Ist-Luftmasse  $M_{L,ist}$  dividiert. Das Divisionsergebnis stellt einen Soll-Wirkungsgrad  $\square_{soll}$  dar. Dieser Soll-Wirkungsgrad  $\square_{soll}$  wird von einem Block 12 in einen Lambda-Sollwert  $\square_{soll}$  umgewandelt. Diese Umwandlung wird anhand der Fig. 2a und 2b noch erläutert werden.

[0038] Der Lambda-Sollwert  $\square_{soll}$ , wird bei Dieselmotorkraft-

stoff mit einem festen Faktor 14,5 multipliziert. Danach wird die Ist-Luftmasse  $M_{L,ist}$  durch den mit 14,5 multiplizierten Lambda-Sollwert  $\square_{soll}$  dividiert. Das Divisionsergebnis ist eine Soll-Einspritzmenge  $M_{E,soll}$ .

[0039] Die Soll-Einspritzmenge  $M_{E,soll}$  stellt ein Ausgangssignal der Steuerung der Fig. 1 dar. Mit der Soll-Einspritzmenge  $M_{E,soll}$  kann bspw. ein Einspritzventil der Brennkraftmaschine angesteuert werden, mit dem die Soll-Einspritzmenge  $M_{E,soll}$  in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt wird.

[0040] Die in der Fig. 1 dargestellte und vorstehend erläuterte Steuerung ist luftgeführt. Dies bedeutet, dass zuerst die Soll-Luftmasse  $M_{L,soll}$  aus den Eingangsgrößen der Steuerung berechnet wird. Diese Soll-Luftmasse  $M_{L,soll}$  hat, wie erläutert wurde, die Ist-Luftmasse  $M_{L,ist}$  zur Folge. Aus dieser gemessenen Ist-Luftmasse  $M_{L,ist}$  wird dann die Soll-Einspritzmenge  $M_{E,soll}$  berechnet.

[0041] Befindet sich die Brennkraftmaschine in der mageren Betriebsart, so entspricht der Lambdawert  $\square_{zwischen}$  dem Lambdawert  $\square_{mager}$  für den Magerbetrieb. Dies hat zur Folge, dass die Soll-Luftmasse  $M_{L,soll}$  gleich der Luftmasse  $M_{L,mager}$  für den Magerbetrieb ist. Ebenfalls ist die Soll-Einspritzmenge  $M_{E,soll}$  gleich der Einspritzmenge  $M_{E,mager}$  für den Magerbetrieb. Bei dieser mageren Betriebsart hat also die Steuerung der Fig. 1 keine Veränderung der beiden Eingangsgrößen  $M_{E,mager}$  und  $M_{L,mager}$  zur Folge.

[0042] Soll nun zum Regenerieren des NOx-Speicherkatalysators in eine fette Betriebsart umgeschaltet werden, so wird der Lambdawert  $\square_{zwischen}$  in Richtung zu einem fetten Lambdawert verändert. Der Lambdawert  $\square_{zwischen}$  wird also bspw. in Richtung zu dem Wert 0,95 vermindert.

[0043] Dies hat zur Folge, dass über den Eingriff des Wirkungsgrades  $\square_{zwischen}$  die Soll-Luftmasse  $M_{L,soll}$  sich verändert. Aufgrund der erwünschten fetten Betriebsart wird die Soll-Luftmasse  $M_{L,soll}$  vermindert.

[0044] Dies hat zur Folge, dass die Ist-Luftmasse  $M_{L,ist}$  ebenfalls kleiner wird. Entsprechend der Steuerung der Fig. 1 hat dies dann weiterhin zur Folge, dass die Soll-Einspritzmenge  $M_{E,soll}$  vergrößert wird.

[0045] Insgesamt wird dadurch erreicht, dass sich das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in Richtung zu einer fetten Betriebsart, also zu einem Kraftstoffüberschuss hin verändert.

[0046] Ist die Regenerierung des NOx-Speicherkatalysators abgeschlossen, so kann wieder in die magerere Betriebsart der Brennkraftmaschine übergegangen werden. Dies wird dadurch erreicht, dass der Lambdawert  $\square_{zwischen}$  wieder in Richtung zu dem Lambdawert  $\square_{mager}$  für den Magerbetrieb erhöht wird. Dies hat dann zur Folge, dass die Soll-Luftmasse  $M_{L,soll}$  größer wird und die Soll-Einspritzmenge  $M_{E,soll}$  gleichzeitig kleiner wird. Das Luft/Kraftstoffverhältnis der Brennkraftmaschine wird also in Richtung zu einer mageren Betriebsart hin verändert.

[0047] Sobald der Lambdawert  $\square_{zwischen}$  wieder den Lambdawert  $\square_{mager}$  für den Magerbetrieb erreicht hat, stellt sich das bereits erläuterte Gleichgewicht wieder ein, bei dem die Soll-Luftmasse  $M_{L,soll}$  der Luftmasse  $M_{L,mager}$  für den Magerbetrieb und die Soll-Einspritzmenge  $M_{E,soll}$  der Einspritzmenge  $M_{E,mager}$  für den Magerbetrieb entspricht.

[0048] Bei der Steuerung der Fig. 1 wird in den Blöcken 10 und 11 ein Lambdawert in einen Wirkungsgrad umgewandelt. In dem Block 12 wird umgekehrt ein Wirkungsgrad in einen Lambdawert umgewandelt. In den Fig. 2a und 2b ist dargestellt, wie diese Umwandlungen durchgeführt werden können.

[0049] In der Fig. 2a ist ein Wirkungsgrad  $\square$  als Eingangsgröße und ein Lambdawert D als Ausgangsgröße vorhanden. Weiterhin ist die Drehzahl n der Brennkraftmaschine sowie die Einspritzmenge  $M_{E,mager}$  für den Magerbe-

trieb der Brennkraftmaschine vorgegeben. Diese beiden letztgenannten Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine werden insgesamt vier Kennfeldern zugeführt. In Abhängigkeit von diesen Betriebsgrößen werden von den vier Kennfeldern die Werte  $y_{\text{off}}$ ,  $y_{\text{mul}}$ ,  $x_{\text{off}}$  und  $x_{\text{mul}}$  erzeugt. Der Wert  $y_{\text{off}}$  wird von dem Wirkungsgrad  $\square$  subtrahiert. Die entstehende Differenz wird durch den Wert  $y_{\text{mul}}$  dividiert. Das Divisionsergebnis wird einer Referenz-Kennlinie 24 für die Umrechnung des Wirkungsgrades in den Lambdawert zugeführt. Von dem Ausgangssignal der Referenz-Kennlinie 24 wird der Wert  $x_{\text{off}}$  subtrahiert. Das Subtraktionsergebnis wird durch den Wert  $x_{\text{mul}}$  dividiert. Als Divisionsergebnis steht dann der Lambdawert  $\square$  zur Verfügung.

[0050] Mit Hilfe der Kennfelder 20, 21, 22, 23 ist es somit möglich, eine Korrektur der Referenz-Kennlinie 24 vorzunehmen. Dabei dienen die Kennfelder 20, 22 jeweils einer additiven Korrektur, während die Kennfelder 21, 23 eine multiplikative Korrektur bewirken.

[0051] Bei der Fig. 2b wird eine Umwandlung eines Lambdawerts  $\square$  in einen Wirkungsgrad  $\square$  in entsprechend umgekehrter Weise durchgeführt. Es sind wiederum vier Kennfelder 25, 26, 27, 28 vorhanden, mit denen eine Referenz-Kennlinie 29 für die Umwandlung eines Lambdawerts in einen Wirkungsgrad korrigiert werden kann. Wiederum ist dabei eine Korrektur der Referenz-Kennlinie 29 in additiver und multiplikativer Weise möglich.

[0052] Das Kennfeld 25 ist identisch mit dem Kennfeld 23.

[0053] Entsprechendes gilt für die übrigen Kennfelder 26, 27, 28 bzw. 22, 21, 20. Die Kennlinie 29 ist die Umkehrfunktion der Kennlinie 24.

[0054] Wie bereits erläutert wurde, kann die Soll-Einspritzmenge  $M_{E,\text{soll}}$  der Fig. 1 dazu verwendet werden, ein Einspritzventil der Brennkraftmaschine anzusteuern. Mit diesem Einspritzventil wird dann die genannte Soll-Einspritzmenge  $M_{E,\text{soll}}$  in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt. Bei Diesel-Brennkraftmaschinen ist es dabei vorteilhaft, die Einspritzung des Kraftstoffs in den Brennraum der Brennkraftmaschine in zwei Teileinspritzungen aufzuteilen. So wird eine Voreinspritzmenge  $M_{E,\text{VE}}$  im Rahmen einer Voreinspritzung und eine Haupteinspritzmenge  $M_{E,\text{HE}}$  im Rahmen einer Haupteinspritzung in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt. Die Voreinspritzmenge  $M_{E,\text{VE}}$  und die Haupteinspritzmenge  $M_{E,\text{HE}}$  ergeben dann zusammen die Soll-Einspritzmenge  $M_{E,\text{soll}}$ .

[0055] Für die Definition der vorstehend genannten Voreinspritzung und Haupteinspritzung ist der jeweilige Ansteuerbeginn bzw. Einspritzbeginn und die jeweilige Ansteuerdauer bzw. Einspritzdauer ausschlaggebend. Die Aufteilung der Soll-Einspritzmenge  $M_{E,\text{soll}}$  auf die Voreinspritzung und die Haupteinspritzung, wie auch die Festlegung des jeweiligen Ansteuerbeginns und der jeweiligen Ansteuerdauer der Voreinspritzung und der Haupteinspritzung sind dabei abhängig von einer Mehrzahl von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschinen. Dabei ist es möglich, dass unter bestimmten Bedingungen, bspw. bei einer mageren Betriebsart der Brennkraftmaschine, gar keine Voreinspritzung mehr vorhanden ist. Ebenfalls ist es möglich, dass bspw. bei einer fetten Betriebsart der Brennkraftmaschine der zeitliche Abstand zwischen der Voreinspritzung und der Haupteinspritzung wesentlich vergrößert wird.

[0056] Ein Grund für diese Maßnahmen ist die Tatsache, dass bei Brennkraftmaschinen mit einem Druckspeicher der sogenannte Raildruck  $p_{\text{Rail}}$ , mit dem der Kraftstoff den Einspritzventilen zugeführt wird, durch die aufeinanderfolgende Voreinspritzung und Haupteinspritzung beeinflusst wird. Insbesondere ist es möglich, dass durch die Voreinspritzung eine Schwingung in der Druckkammer entsteht, in

der der Kraftstoff zur Einspritzung über die Einspritzventile zur Verfügung gestellt wird. Die Haupteinspritzung hängt dann insoweit von dieser Schwingung des Raildrucks  $p_{\text{Rail}}$  ab, als eine zeitliche Verschiebung der Haupteinspritzung in Bezug auf die Voreinspritzung unmittelbar zu einer Veränderung des während der Haupteinspritzung vorhandenen Raildrucks  $p_{\text{Rail}}$  führt.

[0057] In der Fig. 3 ist beispielhaft eine Möglichkeit dargestellt, mit der die Ansteuerdauer  $AD_{\text{HE}}$  für die Haupteinspritzung in Abhängigkeit von dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine ermittelt werden kann. Für diese Ermittlung der Ansteuerdauer  $AD_{\text{HE}}$  für die Haupteinspritzung sind die Einspritzmenge  $M_{E,\text{HE}}$  für die Haupteinspritzung sowie der Raildruck  $p_{\text{Rail}}$  als Eingangsgrößen vorgegeben. Diese Eingangsgrößen sind drei Kennfeldern 30, 31, 32 zugeführt.

[0058] Mit dem Kennfeld 30 wird eine Ansteuerdauer  $AD_{\text{HE}}$  für die Haupteinspritzung ausgegeben, bei der keine Voreinspritzung vorhanden ist. Mit dem Kennfeld 31 wird eine Ansteuerdauer  $AD_{\text{HE}}$  für die Haupteinspritzung ausgegeben, bei der eine Voreinspritzung vorhanden ist. Und schließlich wird mit dem Kennfeld 32 eine Ansteuerdauer  $AD_{\text{HE}}$  für die Haupteinspritzung ausgegeben, die für die fette Betriebsart der Brennkraftmaschine vorgesehen ist.

[0059] Mit Hilfe einer Umschaltung 33 wird eines der drei Kennfelder 30, 31, 32 in Abhängigkeit von einem Signal B ausgewählt. Über die Umschaltung 33 wird dann das jeweilige Ausgangssignal des ausgewählten Kennfelds 30, 31, 32 als Ansteuerdauer  $AD_{\text{HE}}$  weitergegeben. Bei dem Signal B handelt es sich um ein Zustandssignal, das bspw. in Abhängigkeit von der Betriebsart der Brennkraftmaschine vorgegeben wird. Ebenfalls kann das Signal B in Abhängigkeit von weiteren Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine vorgegeben werden.

[0060] Die in der Fig. 3 beispielhaft anhand der Ansteuerdauer  $AD_{\text{HE}}$  für die Haupteinspritzung beschriebene Möglichkeit der Umschaltung zwischen unterschiedlichen Kennfeldern kann in entsprechender Weise auch auf den Ansteuerbeginn für die Haupteinspritzung, die Ansteuerdauer für die Voreinspritzung sowie auf den Ansteuerbeginn für die Voreinspritzung angewendet werden.

[0061] Als weitere Maßnahme ist es möglich, den Übergang zwischen der mageren Betriebsart und der fetten Betriebsart sowie umgekehrt den Übergang zwischen der fetten Betriebsart und der mageren Betriebsart mit Hilfe einer Hysterese vorzunehmen.

[0062] In der Fig. 4 ist beispielhaft anhand des Ansteuerbeginns  $AB_{\text{VE}}$  der Voreinspritzung eine Möglichkeit dargestellt, mit der eine derartige Hysterese realisiert werden kann. So ist ein Kennfeld 40 vorgesehen, dem als Eingangssignale die Drehzahl  $n$  der Brennkraftmaschine sowie die Einspritzmenge  $M_{E,\text{mager}}$  für den Magerbetrieb der Brennkraftmaschine zugeführt sind. Als Ausgangssignal erzeugt das Kennfeld 40 einen Deltawert  $\square AB_{\text{VE}}$  für den Ansteuerbeginn der Voreinspritzung.

[0063] Weiterhin ist einer Hysterese-Kennlinie 41 der Lambda-Sollwert  $\square_{\text{soll}}$  zugeführt. Befindet sich der Lambda-Sollwert in einem fetten Bereich, so erzeugt die Hysterese-Kennlinie 41 als Ausgangssignal den Wert 1. Befindet sich der Lambda-Sollwert  $\square_{\text{soll}}$  hingegen in einem mageren Bereich, so ist der Ausgangswert der Hysterese-Kennlinie 41 gleich 0.

[0064] Dieser Ausgangswert der Hysterese-Kennlinie 41 wird multiplikativ mit dem Deltawert  $\square AB_{\text{VE}}$  für den Ansteuerbeginn der Voreinspritzung verknüpft. Dies bedeutet, dass dieser Deltawert  $\square AB_{\text{VE}}$  in einem fetten Bereich der Brennkraftmaschine vollständig weitergegeben wird, in einem mageren Bereich der Brennkraftmaschine jedoch voll-

ständig unterdrückt wird.

[0065] Danach wird das auf die beschriebene Weise erzeugte Multiplikationsergebnis additiv mit dem Ansteuerbeginn  $AB_{VE,mager}$  für die Voreinspritzung in einer mageren Betriebsart verknüpft. Das Ergebnis dieser Addition ist dann der Ansteuerbeginn  $AB_{VE}$  für die Voreinspritzung, der letztlich den Zeitpunkt festlegt, in dem das Einspritzventil zum Zwecke der Voreinspritzung geöffnet wird.

[0066] Insgesamt wird also bei der Fig. 4 in einer mageren Betriebsart der vorgegebene Ansteuerbeginn  $AB_{VE,mager}$  nicht verändert, da das Ausgangssignal der Hysteresekennlinie 41 gleich 0 ist. In einer fetten Betriebsart der Brennkraftmaschine hingegen wird der Ansteuerbeginn  $AB_{VE,mager}$  um den Deltawert  $\Delta AB_{VE}$  verändert. Dies bedeutet, dass der Ansteuerbeginn der Voreinspritzung in der genannten fetten Betriebsart der Brennkraftmaschine auf einen früheren Zeitpunkt verändert wird.

[0067] Die vorstehend beschriebene Beeinflussung des Ansteuerbeginns  $AB_{VE}$  der Voreinspritzung kann in entsprechender Weise auch auf den Ansteuerbeginn der Haupteinspritzung sowie auf die Ansteuerdauer der Vor- und/oder der Haupteinspritzung angewendet werden.

[0068] Kommt eine Hysterese zur Anwendung, wie dies beispielhaft im Zusammenhang mit der Fig. 4 erläutert ist, so kann es vorteilhaft oder gar erforderlich sein, dass auch bei den Umwandlungen der Blöcke 10, 11, 12 der Fig. 1 eine Hysterese angewendet wird. Eine derartige Hysterese ist beispielhaft in der Fig. 5 dargestellt. Wenn die Hysterese der Fig. 5 in den Blöcken 10, 11, 12 der Fig. 1 zur Anwendung kommt, dann ist es zweckmäßig oder gar erforderlich, wenn die additiven und multiplikativen Korrekturen der Referenz-Kennlinien 24 und 29 der Fig. 2a und 2b abschnittsweise durchgeführt werden, und zwar jeweils getrennt für die beiden Äste der in der Fig. 5 dargestellten Hysterese.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem Kraftstoff in einer mageren Betriebsart und in einer fetten Betriebsart in einen Brennraum eingespritzt wird, und bei dem zwischen den beiden Betriebsarten umgeschaltet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Luftmasse ( $M_{L,mager}$ ) und eine Einspritzmenge ( $M_{E,mager}$ ) für den Magerbetrieb andauernd ermittelt werden, dass aus der Luftmasse und aus der Einspritzmenge ein Lambda ( $\square_{mager}$ ) für den Magerbetrieb andauernd ermittelt wird, dass ein von dem Lambda für den Magerbetrieb abweichendes Lambda ( $\square_{zwischen}$ ) für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin vorgegeben wird, und dass eine Soll-Luftmasse ( $M_{L,soll}$ ) für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin aus dem Lambda für den Magerbetrieb und aus dem Lambda für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Lambda für den Magerbetrieb in einen Wirkungsgrad für den Magerbetrieb und das Lambda für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin in einen Wirkungsgrad für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin umgewandelt werden, dass der Wirkungsgrad für den Magerbetrieb mit der Luftmasse für den Magerbetrieb multipliziert wird, und dass das Multiplikationsergebnis durch den Wirkungsgrad für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin dividiert wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem eine Ist-Luftmasse gemessen oder simuliert oder

modelliert wird, der dadurch gekennzeichnet, dass ein Sollwert für das Lambda in der fetten Betriebsart und für die Übergänge dorthin in Abhängigkeit von der Luftmasse und der Einspritzmenge für den Magerbetrieb ermittelt wird, und dass eine Soll-Einspritzmenge für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin aus der Ist-Luftmasse und dem Sollwert für das Lambda ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Sollwert für das Lambda in der fetten Betriebsart und für die Übergänge dorthin aus einem Soll-Wirkungsgrad für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin ermittelt wird, und dass der Soll-Wirkungsgrad durch Division aus der Ist-Luftmasse durch das genannte Multiplikationsergebnis ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Umwandlung eines Lambda in einen zugehörigen Wirkungsgrad oder umgekehrt mittels einer Referenz-Kennlinie und mittels additiver und/oder multiplikativer Korrekturen durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der mit einer Einspritzung in den Brennraum einzuspritzende Kraftstoff in zwei oder mehreren Teileinspritzungen eingespritzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Ansteuerbeginn und/oder die Ansteuerdauer der Teileinspritzungen in Abhängigkeit von der Betriebsart und/oder in Abhängigkeit von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine unterschiedlich ermittelt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass für den Ansteuerbeginn und/oder die Ansteuerdauer beim Umschalten zwischen den Betriebsarten eine Hysterese berücksichtigt wird.

8. Computerprogramm, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 geeignet ist, wenn es auf einem Computer ausgeführt wird.

9. Computerprogramm nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass es auf einem Speicher abgespeichert ist, insbesondere auf einem Flash-Memory.

10. Steuergerät für eine Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei bei der Brennkraftmaschine der Kraftstoff in einer mageren Betriebsart und in einer fetten Betriebsart in einen Brennraum einspritzbar ist, und wobei zwischen den beiden Betriebsarten umgeschaltet werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch das Steuergerät eine Luftmasse ( $M_{L,mager}$ ) und eine Einspritzmenge ( $M_{E,mager}$ ) für den Magerbetrieb andauernd ermittelt werden können, dass aus der Luftmasse und aus der Einspritzmenge ein Lambda ( $\square_{mager}$ ) für den Magerbetrieb andauernd ermittelt werden kann, dass ein von dem Lambda für den Magerbetrieb abweichendes Lambda ( $\square_{zwischen}$ ) für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin vorgebar ist, und dass eine Soll-Luftmasse ( $M_{L,soll}$ ) für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin aus dem Lambda für den Magerbetrieb und aus dem Lambda für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin ermittelt werden kann.

11. Brennkraftmaschine insbesondere für ein Kraftfahrzeug, bei der der Kraftstoff in einer mageren Betriebsart und in einer fetten Betriebsart in einen Brennraum einspritzbar ist, und bei der zwischen den beiden Betriebsarten umgeschaltet werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch ein Steuergerät eine Luftmasse ( $M_{L,mager}$ ) und eine Einspritzmenge ( $M_{E,mager}$ )

für den Magerbetrieb andauernd ermittelt werden können, dass aus der Luftmasse und aus der Einspritzmenge ein Lambda ( $\lambda_{\text{mager}}$ ) für den Magerbetrieb andauernd ermittelt werden kann, dass ein von dem Lambda für den Magerbetrieb abweichendes Lambda ( $\lambda_{\text{zwischen}}$ ) für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin vorgebbar ist, und dass eine Soll-Luftmasse ( $M_{L,\text{soll}}$ ) für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin aus dem Lambda für den Magerbetrieb und aus dem Lambda für die fette Betriebsart und für die Übergänge dorthin ermittelt werden kann.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

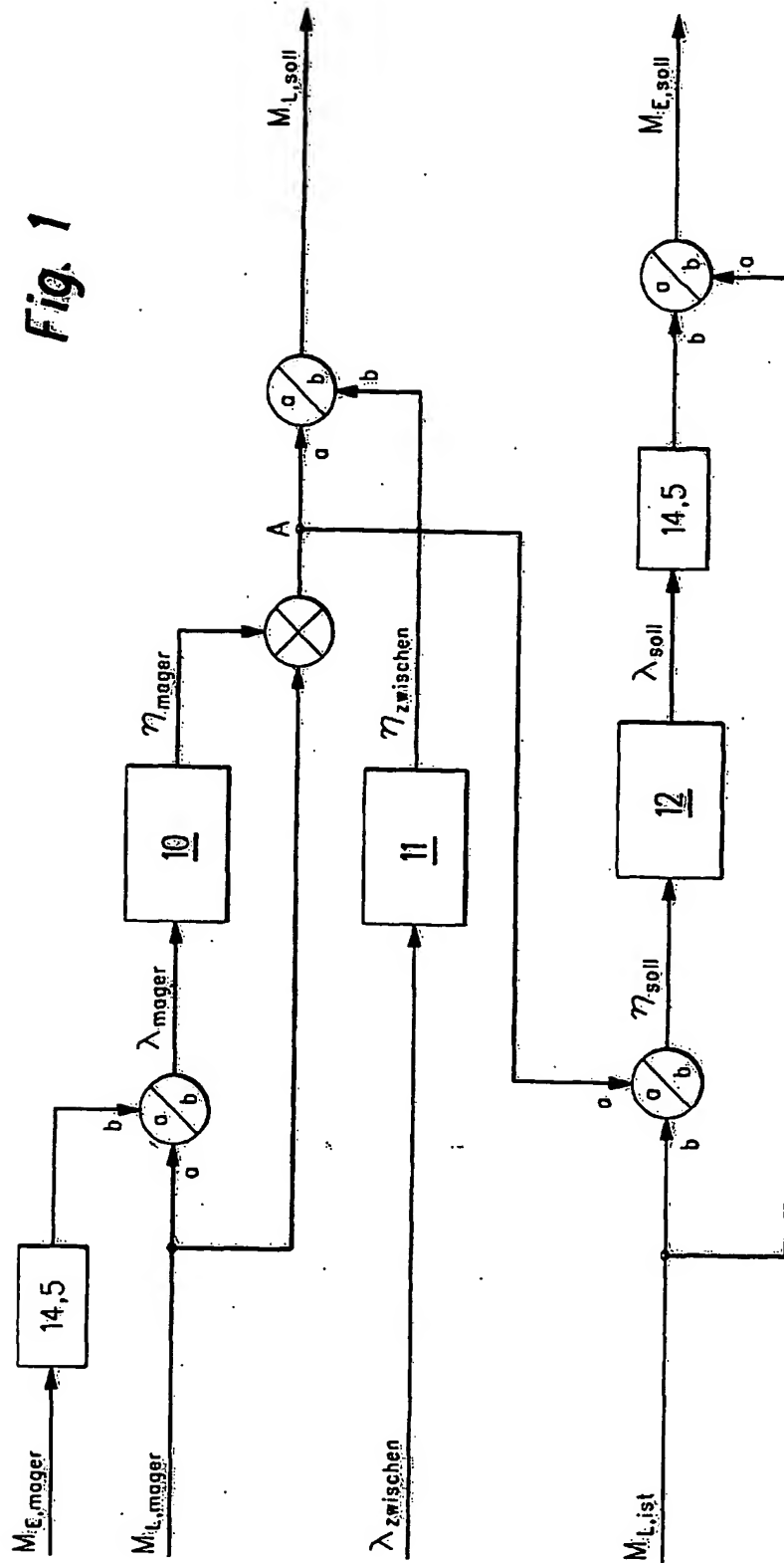
50

55

60

65

**Fig. 1**





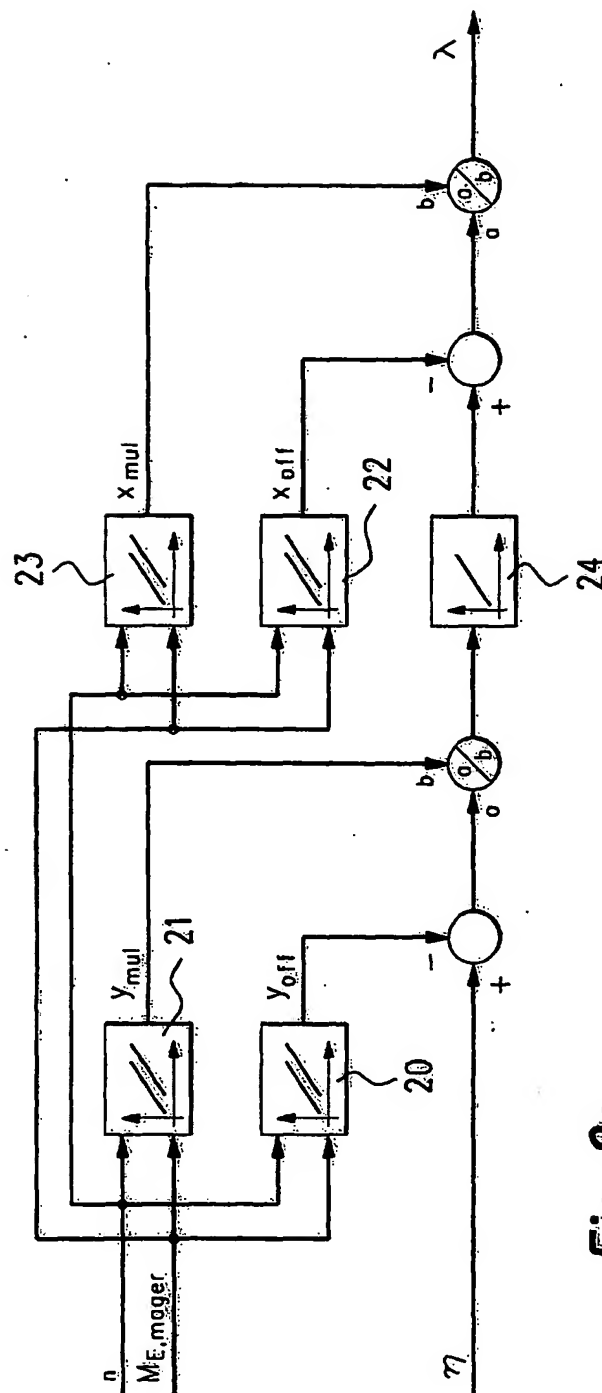


Fig. 20

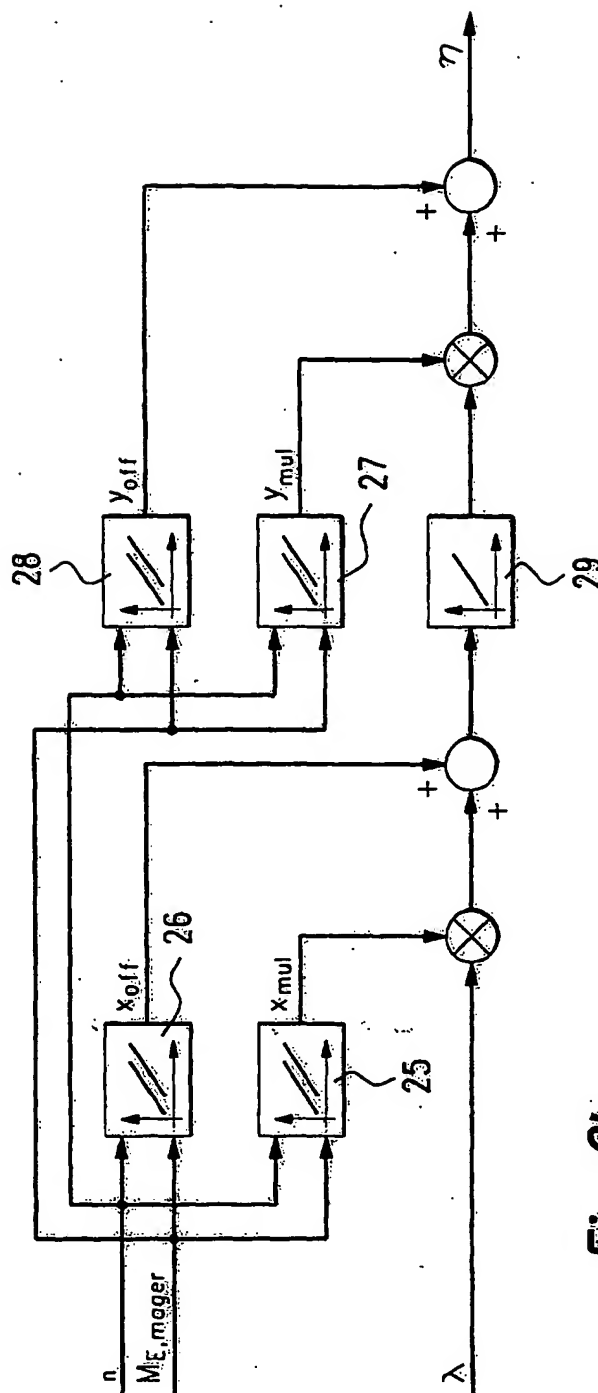
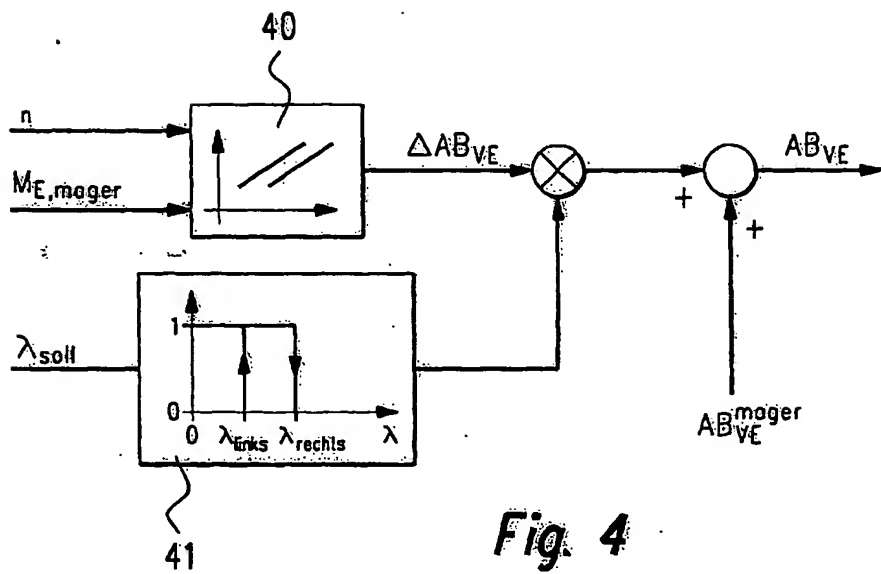
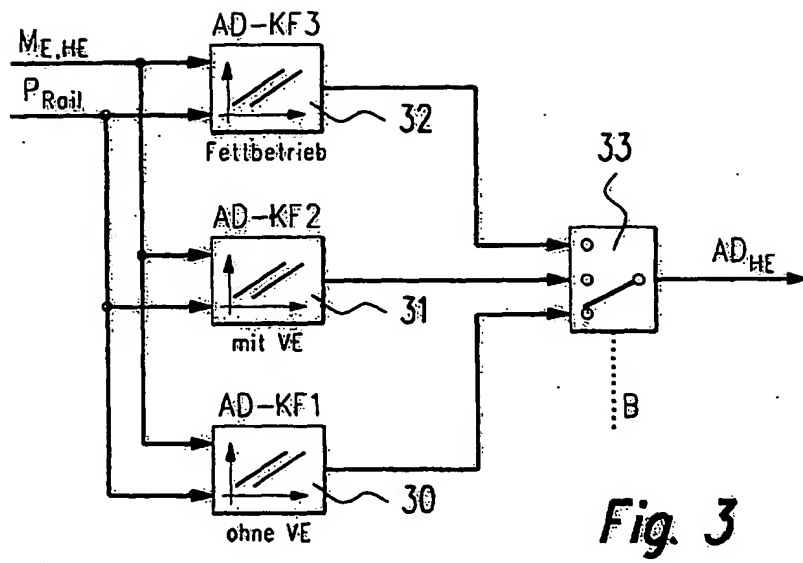
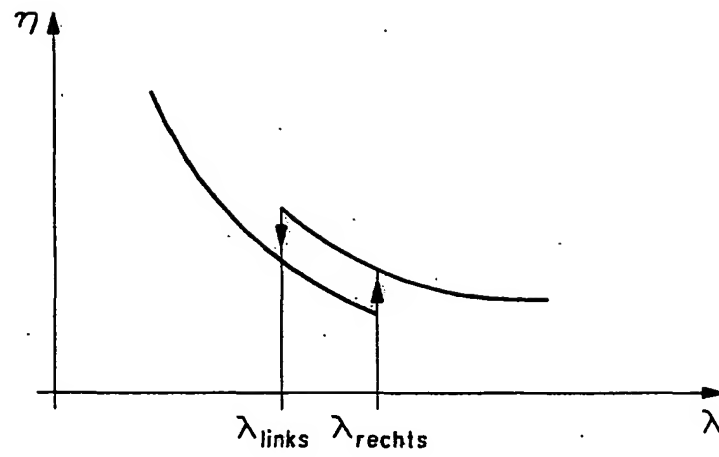


Fig. 2b





**Fig. 5**